

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-238877

(43)Date of publication of application : 08.09.1998

(51)Int.Cl.

F25B 9/00

(21)Application number : 09-044978

(71)Applicant : IDOTAI TSUSHIN SENTAN GIJUTSU KENKYUSHO.KK

(22)Date of filing : 28.02.1997

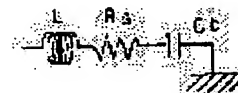
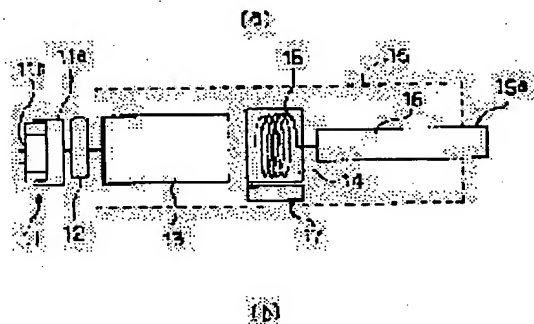
(72)Inventor : HAGIWARA YASUMASA  
NARA KENICHI  
YATSUKA SHINICHI

## (54) REFRIGERATOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the cooling capacity and efficiency with a size reducible structure by controlling a phase difference in displacement between the compression and the expansion of a fluid at a cooling part using the cooling theory of a pulse tube refrigerator simply without heat loss concerning a refrigerating machine.

**SOLUTION:** A compressor 11, a heat radiator 12 and a cold reserve device 13 are arranged just as in a pulse tube refrigerating machine while a heat exchanger 14 and a buffer tank 15 are disposed adjoining the cold storage device 13. An inductance passage 18 composing an inductance L and a resistance Rs is made up of an equivalent circuit inside or outside the heat exchanger 14 comprising copper and the buffer tank 15 composes a capacitor Cb of the equivalent circuit to build an LCR circuit in the equivalent circuit. With such a simple and size reducible structure, a phase difference can be easily set at 90° in the inductance passage 18 between the forced feeding and suction and between the compression and the expansion of a gas with a compressor 11 thereby enabling efficiently cooling of a cooling body 17 through the heat exchanger 14.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.02.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2781380

[Date of registration] 15.05.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 15.05.2002

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-238877

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 2 5 B 9/00

識別記号

3 1 1

F I

F 2 5 B 9/00

3 1 1

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-44978

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月28日

(71) 出願人 595000793

株式会社移動体通信先端技術研究所  
愛知県日進市米野木町南山500番地 1

(72) 発明者 萩原 康正

愛知県日進市米野木町南山500番地 1 株  
式会社移動体通信先端技術研究所内

(72) 発明者 奈良 健一

愛知県日進市米野木町南山500番地 1 株  
式会社移動体通信先端技術研究所内

(72) 発明者 八束 真一

愛知県日進市米野木町南山500番地 1 株  
式会社移動体通信先端技術研究所内

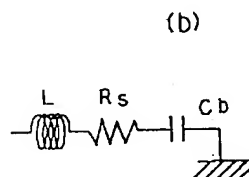
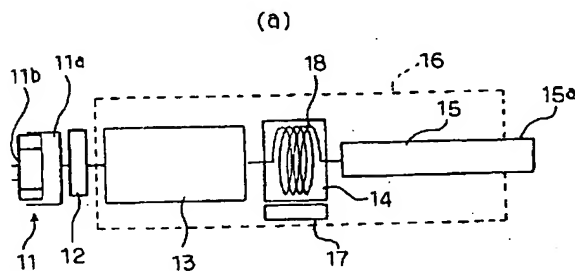
(74) 代理人 弁理士 有我 軍一郎

(54) 【発明の名称】 冷凍機

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、冷凍機に関し、パルス管冷凍機の冷却原理を用いて冷却部における流体の圧縮・膨張と変位との位相差を、熱損失なく簡易に制御できるようにして、小型化可能な構成で冷却能力や冷却効率を向上させる。

【解決手段】 圧縮機11、放熱器12、蓄冷器13をパルス管冷凍機と同様に備え、蓄冷器13に隣接させて熱交換器14およびバッファタンク15を配設し、銅よりなる熱交換器14の内部または外部に等価回路でインダクタンスLおよび抵抗R<sub>s</sub>を構成するインダクタンス流路18を設け、バッファタンク15が等価回路のコンデンサC<sub>b</sub>を構成することにより、等価回路においてL C R回路を構築する。この簡易で小型化可能な構成によって圧縮機11によるガスの圧送・吸引と圧縮・膨張との間のインダクタンス流路18における位相差を容易に90°に設定し熱交換器14を介して冷却体17を効率よく冷却することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも一部を管状に形成され内部に流体を収容する管状部材と、管状部材の一端側から流体の圧送および吸引を繰り返すことにより該管状部材内の流体に圧縮および膨張を生じさせる流体制御手段と、管状部材の流体制御手段に近接する側に配設され被冷却体および流体の間の熱交換を行なう熱交換器と、熱交換器および流体制御手段の間に配設され流体との間で熱交換した熱を蓄積する蓄冷器と、を備え、

流体の圧送・吸引と圧縮・膨張との間に位相差を持たせることにより、熱交換器から受け取った熱を蓄冷器により外部方向に移動させて被冷却体を冷却する冷凍機において、

管状部材の熱交換器の位置する部位あるいは該部位より蓄冷器から離隔する側に、等価回路でインダクタンスとして機能する流体の流路を形成し、

該インダクタンス流路は熱伝導率の大きな材料により形成したことを特徴とする冷凍機。

【請求項2】前記インダクタンス流路を、熱交換器の内部あるいは外部に該熱交換器と一体に設けたことを特徴とする請求項1に記載の冷凍機。

【請求項3】前記インダクタンス流路の蓄冷器から離隔する側に、等価回路で抵抗として機能する流体流路を形成したことを特徴とする請求項1または2に記載の冷凍機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、冷凍機に関し、詳しくは、管状部材内の流体を圧縮・膨張させると共にその流体を圧縮・膨張の間に該管状部材内を移動させることにより、冷却部と熱交換した熱の熱流を発生させ該冷却部を冷却するものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、冷却される部位にピストンなどの駆動する部材を設けることなく、パルス管内のガス（流体）を圧縮・膨張させつつ変位（移動）させることにより冷却部から熱を奪って冷却するパルス管冷凍機が知られている。このパルス管冷凍機は、近年の超電導材料の臨界温度が高温度化するのに伴って、パルス管内にガスを収容するだけの簡単な構成で小型化が容易であると共に、ガスをパルス管内に圧送・吸引する装置は外付けすることができる、という利点から最近注目されて各種改良開発が進められている。

【0003】この種のパルス管冷凍機の基本原理は、熱交換器に接するガスを膨張させてその熱交換器から吸熱する熱交換を行なわせた後に、そのガスを隣接する蓄冷器方向に変位させるとともに圧縮させてその蓄冷器に放熱する熱交換を行なわせ、これと同じことを蓄冷器内でも行なわせることによって、熱交換器から奪った熱を蓄冷器に蓄熱させつつ外部方向へ運び出す熱流を発生さ

せ、これによって、熱交換器の冷却部を極低温に冷却することができる、と理解されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このパルス管冷凍機は、ガスの圧縮・膨張と変位とに大きな位相差、理想的には90°の位相差を持たせることが、効率のよい冷却を実現するためには必要であるが、旧来のものでは、単に、蓄冷器およびパルス管にガスを圧送・吸引するように圧縮機を連結するだけであったため、蓄冷器およびパルス管の間の冷却部での位相差を制御することができず冷却能力が不十分であった（所謂、ベーシック型）。

【0005】このことから、近年のパルス管冷凍機では、図6に示すように、ガスの流路として、圧縮機のシリンダ1a、蓄冷器2およびパルス管3を直列に接続した後に、さらにパルス管3の後端部にオリフィス4およびバッファタンク5を設けることによって、シリンダ1a内を往復するピストン1bの移動とパルス管3内のガスの圧縮・膨張との間の位相差を制御できるように工夫することが行なわれている（所謂、オリフィス型）。

【0006】さらに、図示は省略するが、シリンダ1aと蓄冷器2の間からパルス管3とオリフィス4の間に別個のオリフィスを有するバイパス流路を設けることによって、パルス管3内のガスの圧縮・膨張に同期するようにオリフィス4側から補助的にガスを導入して、冷却効率を向上させることが提案されている（所謂、ダブルインレット型）。

【0007】しかしながら、このような従来のパルス管冷凍機にあっては、オリフィス型ではオリフィス4によりバッファタンク5に流出入するガスの流量を絞るだけなので冷却部での位相差を90°に近付けることが難しく、ダブルインレット型ではバイパス流路を設けたことによりガスに循環流が生じてしまい熱損失が生じてしまうという問題があった。

【0008】このため、冷凍機には、容易に小型化することのできる構成で、冷却部をより効率よく冷却して極低温に保持する能力を備えるものが要求されている。そこで、本発明は、パルス管冷凍機の冷却原理を用いて冷却部における流体の圧縮・膨張と変位との位相差を、熱損失なく簡易に制御できるようにして、小型化可能な構成で冷却能力や冷却効率を向上させることを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的達成のため、請求項1に記載の発明は、少なくとも一部を管状に形成され内部に流体を収容する管状部材と、管状部材の一端側から流体の圧送および吸引を繰り返すことにより該管状部材内の流体に圧縮および膨張を生じさせる流体制御手段と、管状部材の流体制御手段に近接する側に配設され被冷却体および流体の間の熱交換を行なう熱交換器と、熱交換器および流体制御手段の間に配設され流体との間

で熱交換した熱を蓄積する蓄冷器と、を備え、流体の圧送・吸引と圧縮・膨張との間に位相差を持たせることにより、熱交換器から受け取った熱を蓄冷器により外部方向に移動させて被冷却体を冷却する冷凍機において、管状部材の熱交換器の位置する部位あるいは該部位より蓄冷器から離隔する側に、等価回路でインダクタンスとして機能する流体の流路を形成し、該インダクタンス流路は熱伝導率の大きな材料により形成したことを特徴とするものである。ここで、インダクタンス流路は、管状部材内の流路の内径を絞って慣性（イナーシャ）を発生させることにより等価回路におけるインダクタンスを構成することができ、例えば、細管をスパイラルに形成したコイル形状の流路としてもよい。

【0010】この請求項1に記載の発明では、圧送・吸引に応じて管状部材内で圧縮・膨張・移動される流体は、インダクタンス流路内をも移動される。このとき、インダクタンス流路は、等価回路においてインダクタンスとして機能するとともに抵抗（流路抵抗）としても機能する一方、このインダクタンス流路より蓄冷器や熱交換器から離隔する側の管状部材は、所謂、バッファタンクとして働いて等価回路においてコンデンサとして機能する。このため、インダクタンス流路を設けるだけで、熱交換器の蓄冷器の反対側に等価回路においてLCR回路を構築することができ、熱交換器における流体の圧送・吸引と圧縮・膨張との間に位相差を生じさせつつ、その位相差をパルス管冷凍機の冷却原理で有効な90°に容易に設定することができる。なお、以降の説明では、簡易かつ判り易く説明するために、「等価回路において」ということなく、流路がLCR回路やインダクタンスを構成し機能するように説明する。

【0011】また、通常では、流体の圧送・吸引を繰り返したときには、熱交換器に接する部分が低温に冷却されるので、外部に向かうほど高温（常温）となる温度勾配が生じる。つまり、熱交換器を超電導材料の臨界温度よりも低い極低温に冷却する場合には、一般的には蓄冷器、熱交換器および管状部材の他端部手前までを真空チャンパー内などに設置するなどにより、外部との間を断熱（熱絶縁）する必要がある。この場合に、管状部材の管長を長くできないときには、管状部材が断面積の小さな細管では気体の振動による伝熱促進により熱の侵入が大きくなる。このため、短い管長の管状部材でも熱交換器と外部との間を有効に断熱するためには、管状部材の管径を大きくして不可逆変化を小さくし（断熱変化に近付け）、かつ、内部のガスの移動（変位）を小さくすることにより、熱の侵入を小さくする必要がある。

【0012】これに対して、本発明の管状部材は、インダクタンス流路を熱交換器と一体あるいは隣接するように設けられており、そのインダクタンス流路以外の管状部材は、バッファタンク（コンデンサ）として機能するために一定容量以上あればよいので、管径や管長を自由

に設定することができ、また管状部材内の流体の変位は流体を圧送・吸引される一端側から離隔する他端部で最も小さくなり、その変位も管径の2乗に反比例して減少する。したがって、インダクタンス流路以外の管状部材において、不可逆変化を小さくし、かつ、流体の変位を小さくすることにより、熱交換器と外部との間を有効に断熱して熱の侵入を小さくすることができる。

【0013】また、インダクタンス流路においては流体の変位が大きいが、このインダクタンス流路は熱伝導率の大きな材料により形成しているため、内部の流体の温度勾配は小さく、流体による伝熱の促進は考慮する必要がない。請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明の構成に加え、前記インダクタンス流路を、熱交換器の内部あるいは外部に該熱交換器と一体に設けたことを特徴とするものである。ここで、インダクタンス流路は、熱交換器本体との接触面積を大きくするために一体的に、例えば、内部にスパイラル状の流路や複数に分岐する細い流路を刻設したり、熱交換器の外部に現れる状態でコイル形状のパイプや分岐するパイプを取り付けられ

ばよい。

【0014】この請求項2に記載の発明では、熱交換器は熱伝導率の大きな材料により形成されるため、そのまま、その内部または外部に一体的にインダクタンス流路を設けることができるので、インダクタンス流路を熱交換器と別体に設ける場合よりも流路全体の外形を短くすることができる。請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の発明の構成に加え、前記インダクタンス流路の蓄冷器から離隔する側に、等価回路で抵抗として機能する流体流路を形成したことを特徴とするものである。ここで、抵抗流路は、絞る、曲げるなどどのような形状としてもよく、例えば、所謂、流出入する流体を絞るオリフィスや、流入する流体と熱交換した熱を放熱する流路を設けてもよい。具体的には、後述する実施形態において説明する。なお、内部を流出入する流体により発熱が生じる場合には、熱交換器から離隔させる位置に配設するのが好適である。

【0015】この請求項3に記載の発明では、インダクタンス流路は抵抗としても機能して、その抵抗分をあまりに大きく取ろうとすると、内部を流体が移動することにより発熱が生じるが、その抵抗分はインダクタンス流路から蓄冷器の反対側に離隔する抵抗流路に抵抗として機能させ任意の値に設定することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る冷凍機の第1実施形態を示す図である。なお、本実施形態は、請求項1、2に記載の発明に対応する。図1(a)において、冷凍機は、圧縮機11、放熱器12、蓄冷器13、熱交換器14、およびバッファタンク（管状部材）15を直列に連通させて内部に収容するガス（流体）が移動できるように連結されてお

り、蓄冷器13からバッファタンク15の後端部15a手前までは真空装置のチャンバー16内に配置して外部との断熱を保っている。

【0017】圧縮機11は、シリンダ11a内をピストン11bが往復運動することによりガスを圧送・吸引する流体制御手段を構成しており、この圧送・吸引によって放熱器12以降におけるガスを圧縮・膨張させる。放熱器12は、後述するガスの働きにより蓄冷器12から取り出された熱を外部に放出する。蓄冷器13は、詳細な図示は省略するが、内部にガスの移動を許容しつつそのガスとの接触面積を大きくするために、粒状の部材が詰められたり、メッシュなど複数の開口を有するプレートが積層されており、各々が接触するガスとの間で熱交換を行なう。ここまでは、従来のパルス管冷凍機と同様に構成されており、駆動したときには、シリンダ11b内をピストン11aが往復してガスを圧送・吸引することにより蓄冷器13、熱交換器14、バッファタンク15が収容するガスの圧縮・膨張を繰り返すとともに、そのピストン11aの往復とガスの圧縮・膨張との間の熱交換器14の位置における位相差（理想的には90°）を持たせることによって、熱交換器14から蓄冷器13を介して放熱器12に向かう熱流を発生させ、その熱交換器14の冷却部に密着させた被冷却体17を極低温に冷却するようになっている。

【0018】そして、本実施形態は、熱交換器14以降の等価回路でLCR回路を構築することの特徴としている。具体的には、熱交換器14は、熱伝導率の高い材料、例えば、安価且つ加工性に優れた銅により作製するとともに、ガスの流路として内部にスパイラル状（コイル形状）に刻設した、あるいはその外面に銅パイプをコイル形状となるように巻き付けたインダクタンス流路18を一体に形成されており、このインダクタンス流路18は、細い流路のコイル形状とすることによりインダクタンスLおよび固定抵抗Rsを構成させるようになっている。また、バッファタンク15は、圧縮機11の圧送・吸引による作用によってガスが熱交換器14内をスムーズに移動できるようにそのガスを溜めるようになっており、このバッファタンク15はコンデンサCb（容量Cb）を構成する。なお、インダクタンス流路18は、インダクタンスLを構成すればよいので、一定の長さで断面積の小さな細い流路（細管）にして慣性（イナーシャ）を発生させればよく、スパイラル状にするだけでなく、熱交換器14の内外で分岐する細い流路としてもよい。

【0019】したがって、従来技術で説明した図4に示すオリフィス型のパルス管冷凍機においては、ピストン11bの往復とパルス管3内のガスの圧縮・膨張との間の位相差（以下、単に位相差ともいう）を制御するために、オリフィス4とバッファタンク5を設けているが、この構成では、抵抗とコンデンサを組み合わせただけの等価回路であったため、その位相差を理想の90°にするのは困難であった。これに対して、本実施形態では、イ

ンダクタンス流路18がインダクタンスLおよび抵抗Rsを構成すると共にバッファタンク15がコンデンサCbを構成することによって、図1（b）に示すLCR回路を構築することができ、熱交換器14における位相差を容易に共振周波数の90°にすることができる。このため、圧縮機11を駆動させることにより、インダクタンス流路18内のガスが効率よく熱交換器14から、つまり被冷却体17から熱を奪って蓄冷器13を介して放熱器12へと運び出してその被冷却体17を極低温にすることができる。すなわち、本実施形態では、従来のパルス管冷凍機で位相差を制御するために設けられていたパルス管3およびオリフィス4に代えてインダクタンス流路18を設けて熱交換器14に管状部材を兼ねさせる構成となっている。

【0020】ここで、熱交換器における位相差を90°に制御するために、例えば図2（a）に示すように、図6に示すパルス管冷凍機のオリフィス4に代えてインダクタンスおよび抵抗として機能するインダクタンス管（流路）6を追加しても同様な効果を得ることができる、と考えることができる。しかし、この構成で圧縮機を駆動させたときには、図2（b）に示すように、熱交換器とチャンバー7外との間に極低温から常温までの温度勾配が生じた状態でガスが振動することになるので、温度勾配のある流体が振動すると、高温から低温への熱の侵入を促進する現象（所謂、逆スターリングサイクルにおけるシャトルロス）が現れ、熱交換器における位相差を90°にすることもできても熱損失も大きくなって十分な能力を得ることができないという問題が生じる。

【0021】この熱の侵入による損失が生じないようにするには、完全可逆変化（等温変化、断熱変化）にすればよいが、これでは冷却能力を得ることができない。また、ガスの流路の断面積を大きくして流体の変位を小さくすればよいが（従来のパルス管3ではこれによって熱損失が生じ難かった）、インダクタンスとして機能するために細い流路にしているのであることから、意味がない。

【0022】しかるに、この損失が生じる外部から熱交換器に向かう熱流量Qdは、次式①で表されるので、  

$$Qd = k \cdot \omega \cdot \nabla T \cdot 0.5 \cdot X^2 \quad \dots \textcircled{1}$$
 k ; ガスの熱容量と不可逆仮定の程度で決定される値

ω ; ガスが振動する際の角周波数

∇T ; ガスの移動方向の温度勾配

X ; 管径（流路の直径）

∇T=0とすることにより、Qd=0として熱の侵入による損失をなくすることができる。

【0023】このことから、本実施形態では、断面積を小さくする必要のあるインダクタンス流路18を熱伝導率の高い材料からなる熱交換器14と一体に形成しているものであり、これによって、インダクタンス流路18を独立して配設する場合よりも小型化していると共に、熱の侵入

による損失が生じるのを防止している。なお、蓄冷器13は等温変化の完全可逆変化に近く、バッファタンク15は断面積が大きいので、問題となる熱損失は生じ難い。

【0024】このように本実施形態においては、熱交換器14と一体にインダクタンス流路18を形成することによって、熱交換器14のガスとの接触面積を極めて大きくすることができるとともに、温度勾配のあるガスの振動による熱の侵入を防止しつつ、圧縮機11によるガスの圧送・吸引と圧縮・膨張との間の位相差を簡易な構成で90°に容易に設定することができる。したがって、熱交換器14を介して効率よく被冷却体17から熱を奪って外部へと運び出し、その被冷却体17を極低温にすることができるとともに、従来のパルス管冷凍機よりもさらに小型化することができる。

【0025】次に、図3は本発明に係る冷凍機の第2実施形態を示す図であり、本実施形態は上述第1実施形態と略同様に構成されているので、同様な構成には同一の符号を付してその説明を省略する。なお、本実施形態は、請求項1～3に記載の発明に対応する。図3(a)において、冷凍機は、バッファタンク15の後端部15aに別個のバッファタンク21を連結して追加すると共に、これらバッファタンク15、21の間に絞り量を調整することによりガスの流量を制御可能なオリフィス22が配設されている。

【0026】ここで、上述第1実施形態においては、インダクタンス流路18に所望の流路抵抗を発生させることにより、抵抗R<sub>s</sub>としても機能するようにしていたが、大きな抵抗分を取ろうとすると、流通するガスにより発熱が生じて無視できなくなる場合がある。つまり、上述第1実施形態による等価回路の共振周波数 $\omega$ は次式②で求めることができ、

$$\omega = 1 / (L \cdot Cb)^{0.5} \quad \text{②}$$

ガスの共振時の体積Vの変化は、バッファタンク15の径が一定であるときにはガスの変位に相当し、次式③で求めることができる。

$$V = ((L \cdot Cb)^{0.5}) / Rs \quad \text{③}$$

したがって、式③に示すように、ガスの変位はLとCbの積に比例するとともにRsに逆比例するので、LとCbの積を一定、つまり、式②に示す周波数 $\omega$ を位相差を90°にする共振周波数に設定しつつ、適当なガスの変位を得るためには、上述第1実施形態では、Rsを調整することになる。しかし、抵抗Rsの値は、インダクタンス流路18がインダクタンスLを構成するためには最低限の値が必要である一方、流通するガスによる発熱が大きくなって無視できなくなるため、あまり大きな値にすることができない。そして、放熱器12と蓄冷器13との位置関係からガスの変位は大きく取りたい場合が多いが、インダクタンスLの値を大きくしようとする、インダクタンス流路18が極めて長くなってしまふ。このため、上述

第1実施形態では、位相差や変位の調整の幅を広げるといふ課題があった。

【0028】このため、本実施形態は、この課題を解消するために、インダクタンス流路18以外に抵抗として機能する抵抗流路を配設して、インダクタンス流路18での発熱を抑えつつ自由にガスの変位を調整可能なLCR回路を構築することを特徴としている。このことから、本実施形態においては、バッファタンク15aの後端部15aに可変流路抵抗R<sub>v</sub>として機能するオリフィス22を接続すると共に、気密性を保持しつつそのオリフィス22を機能させるためにコンデンサC<sub>p</sub>を構成するバッファタンク21を追加しており、これによって、直列に抵抗R<sub>v</sub>とコンデンサC<sub>p</sub>を追加した図3(b)に示すLCR回路を構築している。この可変抵抗R<sub>v</sub>は等価回路中の何れの位置に配設してもよいが、オリフィス22は、チャンバー16内に配設して抵抗分を大きく取る必要があるときには流通するガスにより発熱が生じて無視できなくなる場合があることから、バッファタンク21と共にチャンバー16の外部に配設している。なお、抵抗流路はオリフィス22に限らず流路を曲げたり細管とすることによっても発生させることができるが、容易に調整できることから本実施形態のようにオリフィス22を採用するのが好適である。

【0029】したがって、本実施形態では、インダクタンス流路18のインダクタンスLおよび抵抗R<sub>s</sub>やバッファタンク15、21の容量Cb、C<sub>p</sub>を固定のままオリフィス22を調整することにより図3(b)に示す等価回路中の抵抗分を所望の値にして、発熱や熱の侵入による損失を抑えつつガスの変位を任意に調整することができ、熱交換器14における位相差を90°に設定して被冷却体17との間で熱交換した熱を効率よく蓄冷器13を介して放熱器12へと運び出してその被冷却体17を極低温にすることができる。

【0030】このように本実施形態においては、上述第1実施形態の作用効果に加え、インダクタンス流路18以外に可変抵抗R<sub>v</sub>として機能するオリフィス22をバッファタンク21と共にチャンバー16の外部に配設しているので、インダクタンス流路18内を移動するガスによる発熱を抑えつつLCR回路における抵抗分を自由に設定することができ、抵抗R<sub>s</sub>、R<sub>v</sub>による発熱および温度勾配のあるガスの振動による熱の侵入が生じて熱交換器14における冷却を妨げてしまうことがない。したがって、効率よく熱交換器14を介して被冷却体17から熱を奪って外部へと運び出しその被冷却体17を極低温にすることができるとともに、ガスの変位を自由に設定して冷凍機を構成する各要素の設計の自由度を向上させることができる。

【0031】次に、図4は本発明に係る冷凍機の第3実施形態を示す図であり、本実施形態は上述第1実施形態と略同様に構成されているので、同様な構成には同一の

符号を付してその説明を省略する。なお、本実施形態は、請求項1〜3に記載の発明に対応する。図4(a)において、冷凍機は、バッファタンク15の後端部15aに内部のガスとの接触面積を任意に設定した複数のメッシュや金属製パイプ(例えば、銅パイプ)などを挿入して放熱部31が構成されている。

【0032】ここで、上述第2実施形態においては、バッファタンク15の後端部15aにオリフィス22を連結してインダクタンス流路18の抵抗 $R_s$ 以外に可変抵抗 $R_v$ を追加してガスの変位を任意に調整できるようにしているが、本実施形態では、バッファタンク15の後端部15aの内部のガスの不可逆変化を大きくすることによって所望の抵抗分を等価回路に設けたのと同等の効果を得ようになっている。

【0033】具体的には、ガスが等温変化または断熱変化の可逆変化をすることができず、これらの間の不可逆変化をする場合には、圧縮時に接触する部材に与えた熱を膨張時に完全に取り戻すことができず熱の散逸が生じる。等価回路においては、この熱の散逸によりエネルギーを失うことによっても抵抗分を設けたのと同等の効果を得ることができる。

【0034】つまり、バッファタンク15の後端部15aは、チャンバー16の外部に露出させていることから、内装する放熱部31が圧縮時に高温となったガスの熱を効率よく熱交換して放熱する一方、膨張時には外気温と平衡になることにより常温となった熱を取り戻すだけとして熱の散逸を大きくする。本実施形態は、このように内部のガスが不可逆変化する後端部15aにガスとの接触面積を大きくする放熱部31を設けてインダクタンス流路18以外の抵抗分として機能させることによって、図4(b)に示すLCR回路を構築することができる。したがって、本実施形態によっても、インダクタンス流路18での発熱を抑えつつガスの変位を容易に設定することができる。なお、この後端部15aに設けた放熱部31は、複数のメッシュや金属製パイプなどを挿入して構成しているので、容量 $C_p$ としても機能して、図4(b)に示すように、抵抗 $R_p$ とコンデンサ $C_p$ を並列に追加したLCR回路となる。

【0035】このように本実施形態においては、上述第1実施形態の作用効果に加え、インダクタンス流路18以外に抵抗 $R_p$ として機能(容量 $C_p$ を兼ねる)するようにバッファタンク15の後端部15aに放熱部31を配設しているので、インダクタンス流路18内を移動するガスによる発熱を抑えつつLCR回路における抵抗分を自由に設定することができる。また、この後端部15aはチャンバー16aから露出して内部のガスに温度勾配が生じないので、ガスの振動による熱の侵入がなく、内部のガスの圧縮時の熱が熱交換器14による冷却に影響することもない。さらに、上述第2実施形態のようにオリフィス22や

バッファタンク21を外部に追加するのではなく、放熱部31をバッファタンク15の後端部15aに内装するだけでガスの流路が延長されることもない。したがって、装置外形を大型化することなく、効率よく熱交換器14を介して被冷却体17から熱を奪って外部へと運び出しその被冷却体17を極低温にすることができるとともに、ガスの変位を自由に設定して冷凍機を構成する各要素の設計の自由度を向上させることができる。

【0036】

【実施例】次に、図5は本発明に係る冷凍機の実施形態の実施例を示す図であり、実際に組み立てたときの一例を示す斜視図である。なお、本実施例は、上述第2実施形態に適用した場合の一例を示している。図5において、熱交換器14は、一對の板状部材を対面させて被冷却体17を取り付ける冷却ヘッド(冷却部)14aと、その冷却ヘッド14aの間を連結する円柱あるいは円筒形状の胴部14bとが銅により作製されており、その胴部14bの外表面には、銅パイプをコイル形状となるように巻き付けたインダクタンス流路18が効率よく熱を伝導するように組み付けられている。このインダクタンス流路18は、同一方向側に両端がくるように胴部14bに巻き付けられており、一端側には圧縮機11および放熱器12に連通する蓄冷器13が取り付けられ、他端側にはバッファタンク21およびオリフィス22に連通するバッファタンク15が取り付けられた状態で真空チャンバー16内に設置されている。

【0037】本実施例では、インダクタンス流路18はコイル形状(スパイラル)に巻くことから上述実施形態を図1、図3、図4に図示したように圧縮機11からバッファタンク21まで直線的に配置する必要はなく、蓄冷器13やバッファタンク15に連結するインダクタンス流路18の両端側を同一方向にしても何等問題はない。したがって、このような配置にすることによって、冷凍機の装置外形をコンパクトにまとめることができ、小型化することができる。つまり、上述実施形態では、本実施例のようにインダクタンス流路18の両端側を同一方向にするだけでなく、その両端側を熱交換器14の何れの部位からも延長することができ、その延長方向も平行に限る必要もなく、自由に設計することができる。

【0038】また、本実施例の他の態様としては、図示は省略するが、被冷却体17が大きく表面や内部に温度差が生じ易いときには、被冷却体17を胴部14b内にセットしてインダクタンス流路18がその被冷却体17を包むように構成してもよい。このように構成することによって、被冷却体17を均一に冷却することができる。すなわち、インダクタンス流路18は、銅パイプなどにより構成すればよいので、被冷却体17の大小や異形などの形状に応じて効率よく冷却できるように自由に取り廻して、冷却部を被冷却体17に適したものに容易にすることができる。

【0039】なお、上述実施形態および本実施例の何れも熱交換器14がインダクタンス流路18を内装または外装



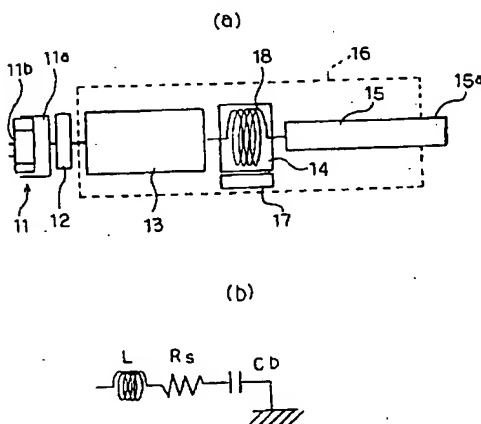
して被冷却体17とガスとの熱交換と共に位相差の制御をも行なうようにして、小型化を図っているが、これに限るものではなく、熱交換器14とインダクタンス流路18とを別体に構成して、それぞれ熱伝導率の高い材料により作製しても同様な作用効果を得られることはいうまでもない。

【0040】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、流体を管状部材内に圧送・吸引することにより圧縮・膨張させたとき、インダクタンス流路および他の管状部材の部分10がLCR回路を構築しているので、その流体の圧送・吸引と圧縮・膨張との間の位相差を容易に制御することができ、簡易な構成でその位相差を90°に設定することができる。このインダクタンス流路は、熱伝導率の大きな材料により形成しているため、温度勾配のある流体が振動したとしても高温から低温へ熱が侵入することによる熱損失がない。したがって、小型化を図りつつ冷却能力や冷却効率を向上させることができる。

【0041】請求項2に記載の発明によれば、熱伝導率の大きな材料により形成する熱交換器の内部または外部20にインダクタンス流路を一体に設けるので、別体にする場合よりもインダクタンス流路分だけ外形を短くすることができる。したがって、熱交換器とインダクタンス流路を別体にする場合よりも小型にすることができる。請求項3に記載の発明によれば、インダクタンス流路以外に抵抗として機能する抵抗流路を設けるので、インダクタンス流路内を移動する流体による発熱を小さくしつつLCR回路における抵抗分および配設位置を自由に設定することができ、熱交換器による冷却を妨げることがない。したがって、冷却能力や冷却効率を低下させてしま10うことがない。

【図1】



\*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る冷凍機の第1実施形態を示す図であり、(a)はその概略全体構成を示す透視概念図、(b)はその等価回路を示す回路図である。

【図2】その作用効果を説明するための冷凍機を示す図であり、(a)はその透視概念図、(b)はその内部のガスの温度勾配を示すグラフである。

【図3】本発明に係る冷凍機の第2実施形態を示す図であり、(a)はその概略全体構成を示す透視概念図、(b)はその等価回路を示す回路図である。

【図4】本発明に係る冷凍機の第3実施形態を示す図であり、(a)はその概略全体構成を示す透視概念図、(b)はその等価回路を示す回路図である。

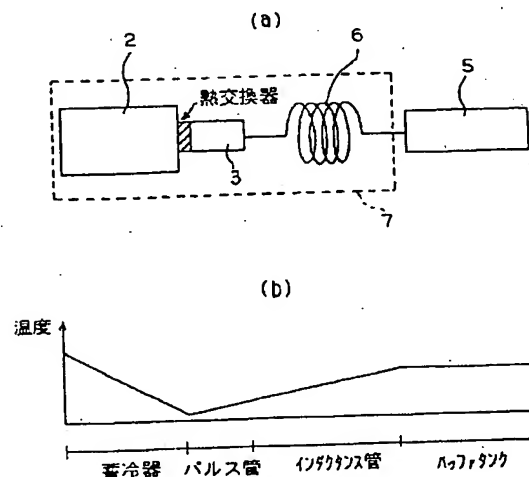
【図5】その第2実施形態を実施した場合の実施例を示す斜視図である。

【図6】従来の冷凍機の概略全体構成を示す概念図である。

【符号の説明】

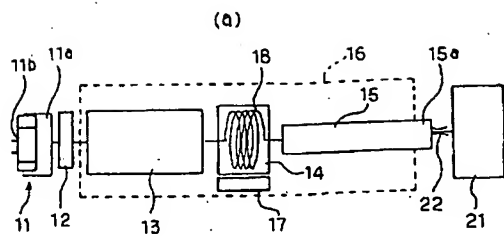
- 11 圧縮機（流体制御手段）
- 12 放熱器
- 13 蓄冷器
- 14 熱交換器（管状部材）
- 14a 冷却ヘッド（冷却部）
- 15 バッファタンク（管状部材）
- 15a 後端部
- 16 真空チャンバー
- 17 被冷却体
- 18 インダクタンス流路
- 21 バッファタンク
- 22 オリフィス（流体流路）
- \* 31 放熱部（流体流路）

【図2】

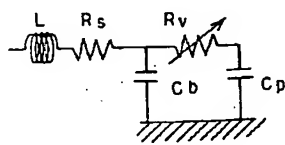




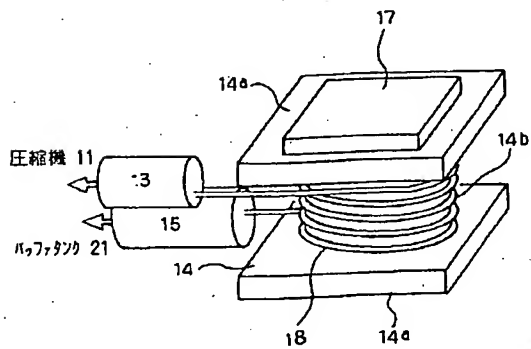
【図3】



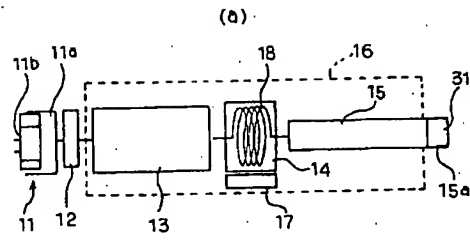
(b)



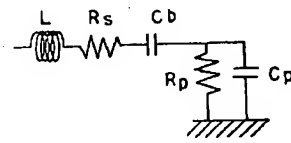
【図5】



【図4】



(b)



【図6】

